


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA



**EVALUACIÓN HIGIÉNICA DEL EQUIPO DE ORDEÑO A NIVEL DE
PEZONERAS Y RECOLECTOR DE LECHE MEDIANTE LA TÉCNICA
DE BIOLUMINISCENCIA POR ATP EN FINCAS AFILIADAS A
COOPROLECHE, R.L.**

JORGE STUARDO CARRERA KLEE

GUATEMALA, FEBRERO DE 2,010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA

**EVALUACIÓN HIGIÉNICA DEL EQUIPO DE ORDEÑO A NIVEL DE
PEZONERAS Y RECOLECTOR DE LECHE MEDIANTE LA TÉCNICA
DE BIOLUMINISCENCIA POR ATP EN FINCAS AFILIADAS A
COOPROLECHE, R.L.**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

POR

JORGE STUARDO CARRERA KLEE

AL CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE:

LICENCIADO ZOOTECNISTA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2,010

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO: Med. Vet. Leonidas Ávila Palma

SECRETARIO: Med. Vet. Marco Vinicio García Urbina

VOCAL I: Med. Vet. Yeri Edgardo Véliz Porras

VOCAL II: Mag. Sc. MV. Fredy Rolando González Guerrero

VOCAL III: Med. Vet. y Zoot. Mario Antonio Motta González

VOCAL IV: Br. Set Levi Samayoa López

VOCAL V: Br. Luis Alberto Villeda Lanuza

ASESORES

Lic. Zoot. Carlos Enrique Saavedra Vélez

Licda. Zoot. Silvia María Zea de Ortíz

Lic. Zoot. Hugo Sebastián Peñate Moguel

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, PRESENTO A
CONSIDERACIÓN DE USTEDES EL PRESENTE TRABAJO TITULADO:

**EVALUACIÓN HIGIÉNICA DEL EQUIPO DE ORDEÑO A NIVEL DE
PEZONERAS Y RECOLECTOR DE LECHE MEDIANTE LA TÉCNICA DE
BIOLUMINISCENCIA POR ATP EN FINCAS AFILIADAS A
COOPROLECHE, R.L.**

QUE FUERA APROBADO POR LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO ZOOTECNISTA

TESIS QUE DEDICO

A: Dios,

Mis padres Jorge y Elizabeth,

Mi hermana Lisbeth,

Mi sobrino José David,

Mis abuelos José Miguel y Leonor,

Mi novia Ana Lucrecia,

Mis suegros Jaime y Gloria,

Todos mis familiares y
amigos con especial afecto.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Zoot. Carlos E. Saavedra

Por su asesoría brindada en la realización del presente trabajo de tesis.

A Licda. Zoot. Silvia M. Zea

Por su esfuerzo brindado en la realización del presente trabajo de tesis.

Al Lic. Hugo S. Peñate M.

Por su valiosa asesoría, esfuerzo y tiempo brindado en la realización del presente trabajo de tesis.

A la Cooperativa de Productores de Leche de Guatemala
COOPROLECHE, R.L.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	01
II.	OBJETIVOS.....	03
	2.1 General.....	03
	2.2 Específicos.....	03
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	04
	3.1. Cooperativa de Productores de Leche R.L. (COOPROLECHE, R.L.).....	04
	3.2. Ordeño mecánico.....	04
	3.2.1. Ventajas y desventajas del ordeño mecánico.....	05
	3.3. Contaminación de la leche.....	06
	3.3.1. Fuentes de contaminación de la leche cruda.....	07
	3.4. Métodos de limpieza de la máquina de ordeño.....	08
	3.4.1. Procedimiento de limpieza de la máquina de ordeño.....	09
	3.4.2. Desinfección de los instrumentos de ordeño.....	10
	3.5. Bioluminiscencia.....	11
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
	4.1. Localización.....	14
	4.2. Selección de fincas y duración del estudio.....	14
	4.3. Materiales.....	14
	4.4. Manejo del estudio.....	15
	4.4.1. Primera etapa. Evaluación de la rutina de limpieza de la máquina de ordeño.....	15
	4.4.2. Segunda etapa. Evaluación higiénica de pezoneras y recolector de leche mediante la técnica de bioluminiscencia.....	15
	4.4.3. Estimadores estadísticos.....	17

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
5.1. Primera Etapa. Caracterización de la rutina de limpieza de la máquina de ordeño.....	18
5.2. Segunda etapa. Evaluación higiénica de pezoneras y recolector de leche mediante la técnica de bioluminiscencia por ATP.....	24
VI. CONCLUSIONES.....	26
VII. RECOMENDACIONES.....	28
VIII. RESUMEN.....	29
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	31
X. ANEXOS.....	33
I. Boleta de control de la rutina de limpieza de la máquina de ordeño.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	Control de actividades de limpieza de la máquina de ordeño.....	18
Cuadro No. 2	Control de la duración de lavado de la máquina de ordeño.....	20
Cuadro No. 3	Control de la frecuencia de lavado, uso de detergentes y agua de la máquina de ordeño.....	21
Cuadro No. 4	Control de la frecuencia de desarmado para limpieza de la máquina de ordeño.....	22
Cuadro No. 5	Control de la temperatura del agua con la que se realizan las actividades de limpieza de la máquina de ordeño.....	23
Cuadro No. 6	Datos obtenidos con el luminómetro para el muestreo de pezoneras.....	24
Cuadro No. 7	Datos obtenidos con el luminómetro para el muestreo del recolector de leche.....	25

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe en nuestro país un fortalecimiento en el sector lechero, ya que la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC) está forzando a los pequeños productores a organizarse para llegar a ser competitivos y subsistir frente al mercado internacional que amenaza con superar los productos nacionales con una mejor calidad y menores precios para el consumidor.

Como un ejemplo de organización del sector, podemos mencionar a la recién fundada Cooperativa de Productores de Leche (COOPROLECHE, R.L.), ya que es una de las más grandes de Guatemala produciendo un promedio de 7,500 litros de leche diariamente.

Es muy importante garantizar que la leche producida en nuestro país sea inocua para el consumo humano, esto puede lograrse con evaluaciones constantes de los sistemas de limpieza del equipo de ordeño de las diferentes lecherías de dicha cooperativa.

Las características nutricionales que hacen de la leche un alimento completo para la dieta de los seres humanos, también la hacen un medio de cultivo ideal para el crecimiento de una gran variedad de microorganismos, dicha contaminación puede ocurrir una vez que ésta ha sido extraída de la glándula mamaria, por utensilios, tanques de almacenamiento, transporte e incluso el personal que manipula la leche. (Amiot, 1991)

En la cadena láctea, la calidad bacteriológica de la leche cruda antes del procesamiento industrial depende, en la generalidad de los casos, de la correcta desinfección de todas las superficies en contacto con la leche, en este caso, pezoneras y recolector de leche. (Magariños, 1995)

La disponibilidad de técnicas rápidas y precisas, que permitan un diagnóstico precoz de la contaminación bacteriológica de los alimentos en las etapas de producción y de procesamiento industrial, aparecen como herramientas de mucha utilidad para la obtención de alimentos inocuos. (Beerens, 1990)

Debido a las diferentes técnicas de manufactura y presentación de la leche existe una necesidad creciente de verificar la ausencia de microorganismos en un volumen determinado del producto. El control microbiológico estándar utilizado es el recuento en placa, con un tiempo de cuarentena de 10 a 15 días. En este sentido, la técnica de bioluminiscencia por adenosín trifosfato (ATP) está ampliamente recomendada para este tipo de procedimientos a fin de verificar la eficiencia de higiene en la industria alimenticia y asegurar la calidad del producto. (Revilla, 2000). Esta técnica como una alternativa a los procedimientos de control de calidad tradicionales proporciona resultados rápidos, exactos y sensibles a través de una operación sencilla. (Burgos, *et al.*, 2002)

II. OBJETIVOS

2.1 General:

- Generar información sobre la situación higiénica del equipo de ordeño en ganaderías especializadas.

2.2 Específicos:

- Caracterizar la rutina de limpieza in situ del equipo de ordeño de las diferentes fincas en estudio.
- Determinar presencia de contaminación expresada en Unidades Relativas de Luz (URL) en pezoneras y recolector de leche por medio de la técnica de bioluminiscencia por ATP.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Cooperativa de Productores de Leche (COOPROLECHE)

La COOPROLECHE fue fundada en el año 2,000. Es una asociación civil, privada, no lucrativa, apolítica y no religiosa que busca promover por cualquier medio lícito el mejoramiento social, económico y educativo de sus productores lecheros.

En la actualidad hay un total de treinta y cinco asociados cuyas explotaciones lecheras están ubicadas a nivel nacional. Puede asociarse todo aquel que se dedique a la producción primaria de leche, no hay restricción de tamaño de explotación, posición económica, género, religión u origen.

Durante los ocho años que lleva en funcionamiento la cooperativa, se ha trabajado para formar un sector lechero eficiente que permita alcanzar la optimización de la producción lechera, en términos de calidad y cantidad para lograr ser competitivos a nivel nacional, y por qué no decirlo, en un futuro también internacionalmente.

Sus ingresos dependen básicamente del transporte de leche y de la venta de concentrado.

3.2. Ordeño mecánico

El ordeño mecánico es la extracción de leche de la ubre por medio de máquinas que funcionan simulando la acción del ternero mediante la aplicación de vacío. La presión negativa que se ejerce sobre el pezón varía de entre los 254 y los 406 mm Hg. (Díaz *et al.*, s.f.)

Las máquinas ordeñadoras tienen los siguientes componentes y las funciones que a continuación se enumeran:

- Pezoneras para extraer la leche de los pezones,
- Un recolector de leche que encausa la leche de cada pezonera a los tubos y mangueras,
- Un pulsador que regula y alterna el vacío y el aire atmosférico,
- Tubos y mangueras que drenan y llevan la leche al tanque colector,
- Una bomba de vacío que recicla el aire de las tuberías y crea el vacío necesario para ordeñar a las vacas. (Díaz *et al.*, s.f.)

3.2.1. Ventajas y desventajas del ordeño mecánico

Dentro de las ventajas y desventajas del ordeño mecánico vale la pena mencionar:

Ventajas

- Mayor eficiencia en la mano de obra, se ordeñan más vacas por hora/hombre en comparación con el ordeño manual.
- Se reducen los requerimientos de personal debido a la mayor eficiencia de la mano de obra, obteniendo más litros de leche por hombre al año.
- Se reducen los problemas de personal; el ausentismo no causa tantos problemas como en el caso del ordeño manual.
- Mejores condiciones para controlar la higiene de la leche. Se evita el contacto de la leche con el medio ambiente, lo que reduce las posibilidades de contaminación.
- Ofrece condiciones más favorables para los ordeñadores, puesto que el esfuerzo físico es menor. (Ávila Téllez *et al*, 2006)

Desventajas

- Se requiere una inversión elevada en equipos y obra civil.
- Si los equipos adolecen de fallas mecánicas y no son manejados con cuidado el sistema puede resultar contraproducente y afectar seriamente la salud de la glándula mamaria.
- Se requiere capacitar al personal para manejar de forma cuidadosa y eficiente el equipo.
- Cierta porcentaje de animales con defectos anatómicos de la ubre no pueden adaptarse a esta forma de ordeño. (Ávila Téllez *et al*, 2006)

3.3. Contaminación de la leche

En general se puede resumir la importancia del estudio microbiológico de la leche basado en tres aspectos:

- Los microorganismos producen cambios deseables en las características físico químicas de la leche durante la elaboración de diversos productos lácteos.
- Los productos lácteos y la leche pueden contaminarse con microorganismos patógenos o sus toxinas y provocar enfermedad en el consumidor.
- Los microorganismos pueden causar alteraciones de la leche y productos lácteos haciéndolos inadecuados para el consumo. (ICMSF, 1983)

3.3.1. Fuentes de contaminación de la leche cruda

Las principales fuentes de contaminación de la leche cruda son:

- **El animal:** teóricamente la leche al salir del pezón debería ser estéril, pero siempre contiene de 100 a 10,000 bacterias/ml, una baja carga microbiana que puede no llegar a multiplicarse si la leche es manipulada adecuadamente. Los microorganismos pueden entrar por vía mamaria ascendente a través del esfínter del pezón, es por ello que cualquier lesión que afecte la integridad del mismo, facilitará un aumento en la contaminación. La leche puede también contaminarse al salir por medio de pelos o suciedad que se desprenden de los animales. La ubre está en contacto con el suelo, heno, y cualquier superficie donde las vacas se echen, de allí que los pezones sean considerados como una fuente importante de esporas bacterianas. En animales enfermos (vacas con mastitis) aumenta el número de microorganismos en la leche. (ICMSF, 1983)
- **Aire:** el aire representa uno de los medios más hostiles para la supervivencia de los microorganismos debido a la constante exposición al oxígeno, cambios de temperatura y humedad relativa, radiación solar, entre otros. Es por ello que solo aquellos microorganismos resistentes podrán ser capaces de permanecer en el aire y llegar a contaminar los alimentos. (Robinson, 1987)
- **Agua:** el agua utilizada para la limpieza de los equipos y utensilios de ordeño, la higiene del animal y del personal, debe ser potable. El agua puede ser una fuente importante de microorganismos como *Pseudomonas* y por contaminación de ésta, de bacterias coliformes. (Robinson, 1987)
- **Suelo:** el suelo es la principal fuente de microorganismos termodúricos. La leche nunca entra en contacto con el suelo pero sí los animales, utensilios y el

personal, de manera que es a través de ellos que los microorganismos como *Clostridium* pueden alcanzar a contaminar la leche. (Robinson, 1987)

- **Utensilios y transporte:** el contacto de la leche con el material de ordeño y su permanencia en los tanques y transporte puede multiplicar por un factor de 2 a 50 la flora microbiana presente. De allí que la higiene adecuada de éstos, por medio de agentes desinfectantes, afecta significativamente la calidad sanitaria de la leche. La flora microbiana proveniente de esta fuente puede ser diversa, pero la más frecuente es flora termo-resistente, razón más que suficiente para exigir al máximo la higiene. (ICMSF, 1983)

3.4. Métodos de limpieza de la máquina de ordeño

La limpieza se efectúa usando en forma individual o combinada diferentes métodos físicos (restregando o utilizando fluidos turbulentos) y métodos químicos (mediante el uso de detergentes, alcalinos y ácidos). El calor es un factor adicional importante para ayudar a los métodos físicos y químicos, teniendo en cuenta que es necesario seleccionar las temperaturas de acuerdo a los detergentes que se utilicen, las superficies a lavar y los desechos a eliminar. Se conocen varios métodos de limpieza entre los cuales vale la pena enumerar:

- **Preventivos:** recoger rápidamente los desechos que se vayan originando para evitar que se adhieran a las superficies. (De Laval, 2008)
- **Manuales:** es cuando hay que eliminar la suciedad, restregando con una solución detergente. Cuando se lavan equipos desarmables es bueno remojar con detergente las piezas desmontadas, para desprender la suciedad antes de comenzar a restregar. (De Laval, 2008)

- **Limpieza in situ:** se efectúa sin desarmar los equipos y para ello éstos contarán con un diseño específico. Para la limpieza eficaz de tuberías y el interior de los equipos, se requiere una velocidad de fluido mínima de 1.5 metros por segundo, con flujo turbulento. El empleo de ésta técnica implica seguir rigurosamente la metodología indicada por el fabricante y verificar cuidadosamente el estado final de la limpieza. (De Laval, 2008)
- **Pulverización a baja presión y alto volumen (BPAV):** es la aplicación de agua o una solución detergente en grandes volúmenes a presiones de hasta 6.8 Kg/cm². Cien libras por pulgada cuadrada. (De Laval, 2008)
- **Pulverización a alta presión y bajo volumen (APBV):** es la aplicación de agua o una solución detergente en volumen reducido y alta presión, es decir hasta 68 Kg/cm². Mil libras por pulgada cuadrada. (De Laval, 2008)
- **Limpieza a base de espuma o gelatina:** es la aplicación de un detergente en forma de espuma o gelatina durante 15 o 20 minutos, para enjuagar posteriormente con agua pulverizada. (De Laval, 2008)

3.4.1. Procedimiento de limpieza de la máquina de ordeño

Para garantizar una adecuada limpieza de la máquina de ordeño es indispensable en todo ordeño mecánico seguir los siguientes pasos:

- Lavado del equipo con agua fría después del ordeño para eliminar residuos de leche. (De Laval, 2008)
- Aplicación de detergente alcalino a una temperatura de 60° a 70°C durante 10 minutos después de cada ordeño. (De Laval, 2008)

- Enjuagar el equipo con agua fría para eliminar residuos de detergente. (De Laval, 2008)
- Aplicación del detergente ácido o también conocido como removedor de piedra de leche a una temperatura de 60° a 70°C durante 10 minutos 1 o 2 veces por semana. (De Laval, 2008)
- Enjuagar el equipo con agua fría para eliminar residuos. (De Laval, 2008)
- Aplicación de detergente espumoso para la limpieza de tanques e implementos de ordeño con agua fría y potable 1 o 2 veces por semana. (De Laval, 2008)
- Enjuagar el equipo con agua fría para eliminar residuos. (De Laval, 2008)

Los cuatro factores indispensables que condicionan la eficacia de la limpieza y desinfección son los que a continuación se enumeran:

- Selección y concentración de los productos a utilizar.
- Temperatura.
- Tiempo de contacto.
- Fuerza mecánica. (De Laval, 2008)

Cualquier sistema de limpieza mecánica elegido debe ser adecuado para los productos que se preparan y para las características del diseño, los aspectos operativos y las condiciones de la instalación. (De Laval, 2008)

3.4.2. Desinfección de los instrumentos de ordeño

El objetivo de la desinfección es reducir al mínimo o eliminar completamente toda la contaminación microbiológica, existe la creencia errónea de que el proceso

de limpieza y desinfección eliminará siempre la totalidad de los microorganismos. En la práctica, esto no es posible sin usar un sistema de esterilización. Raras veces se considera el aspecto de conocer cuál es la flora normal de las áreas a desinfectar, aunque la experiencia demuestra que ciertos microorganismos aparecen asociados más frecuentemente con determinados alimentos; además existen factores adicionales como la temperatura del ambiente y la composición del producto, que actúan en combinación con el alimento para influir más aún sobre la conformación de la flora microbiana.

Los desinfectantes deben seleccionarse considerando los microorganismos que se desea eliminar, el tipo de producto que se elabora y el material de las superficies que entran en contacto con el producto. La selección depende también del tipo de agua disponible y el método de limpieza empleado. (De Laval, 2008)

Los utensilios y equipos se deben limpiar y desinfectar antes de su uso y después de cada interrupción del trabajo. Los equipos limpios y desinfectados deben protegerse de la recontaminación y cuando no van a ser usados, almacenarse en un lugar protegido. Todos los productos que se usen deben estar previamente aprobados por las autoridades sanitarias y el departamento de control de calidad de la empresa. (De Laval, 2008)

3.5. Bioluminiscencia

La luminiscencia ha sido conocida aproximadamente desde 1667, la existencia de la bioluminiscencia fue reconocida por Boyle en Alemania quien la describió como luz caliente. En 1887, Rad Ziszecki descubrió algunos componentes químicos que tienen propiedades luminiscentes. En 1928, Abrech descubrió las propiedades del luminol que al oxidarse por medio de peróxido de hidrógeno emite luz como fotones individuales. (De Laval, 2008)

El potencial para aplicaciones analíticas no fue reconocido hasta 1947 cuando apareció la luciferasa y en 1952 cuando se publicó un ensayo para adenosín trifosfato (ATP). (De Laval, 2008)

Las reacciones bioquímicas que emiten luz tienen un diverso rango de aplicaciones aunque muchas no han sido adoptadas para la rutina de laboratorios clínicos. Las ventajas en los ensayos incluyen su alta sensibilidad (límites de detección) y velocidad (señal generada en pocos segundos y en algunos casos estable por varias horas), sin residuos peligrosos y procedimientos simples. (De Laval, 2008)

Uno de los principales problemas para monitorear un programa de limpieza y desinfección es la ausencia de técnicas eficaces de rápida aplicación, hoy en día existen técnicas basadas en la bioluminiscencia. (Advanced Instruments de México, 2006)

El adenosín trifosfato (ATP) es el compuesto que almacena la energía de todas las células vivas. Presente en los alimentos puede, entre otras moléculas, dividirse en ATP no microbiano y microbiano. Un complejo enzimático empleado en la técnica, denominado luciferin-luciferasa, convierte la energía química del ATP (microbiano y no microbiano) en luz a través de una reacción de óxido-reducción. (Advanced Instruments de México, 2006)

Conociendo la cantidad de ATP bacteriano se obtendrá la cantidad de microorganismos de la muestra. La cantidad de luz generada mediante la reacción es directamente proporcional a la cantidad de ATP presente en la muestra que se pretende evaluar. La luz emitida es posteriormente cuantificada usando un aparato llamado luminómetro, que expresa el resultado medido en unidades relativas de luz (URL). (Advanced Instruments de México, 2006)

La bioluminiscencia por ATP aparece como una técnica promisorio para el control de la higiene de la ordeñadora por las siguientes razones:

- Facilidad de uso en el campo y rapidez en la obtención de resultados fidedignos. (Advanced Instruments de México, 2006)
- Permite adoptar medidas correctivas en el caso de detectarse problemas de contaminación en algún componente del equipo. (Advanced Instruments de México, 2006)
- Constituye una herramienta de mucha utilidad en programas de mejoramiento de la calidad higiénica de la leche y en sistemas de aseguramiento de la calidad. (Advanced Instruments de México, 2006)

Actualmente en nuestro país algunas empresas de la industria láctea han adoptado ésta técnica para el monitoreo de higiene tanto en la planta procesadora como en sus centros de acopio.

El costo actual de la técnica, sin embargo, restringe en alguna medida las posibilidades de una adopción generalizada para el control de higiene de ordeñadoras. (Advanced Instruments de México, 2006)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

El estudio se realizó en fincas seleccionadas a nivel nacional asociadas a la Cooperativa de Productores de Leche (COOPROLECHE, R.L.), la cual tiene sede en la 24 calle 15-26 zona 13 de la ciudad de Guatemala.

4.2. Selección de fincas y duración del estudio

Los criterios de selección de las fincas evaluadas fueron:

- Fincas activas asociadas a COOPROLECHE.
- Que el proceso de ordeño fuera de forma mecánica.
- Que efectuaran la limpieza mecánica in situ.

Siguiendo los criterios mencionados se seleccionaron dieciséis fincas de un total de treinta y cinco.

El estudio tuvo una duración de dos meses. Se inició en el mes de octubre de 2008 y finalizó en el mes de diciembre del mismo año. Dentro de la duración de este estudio se contempló un mes para la compra de hisopos, calendarización de las visitas a las fincas, recolección de datos con las boletas de chequeo y un mes para la toma de muestras o hisopados.

Las visitas a las fincas se realizaron durante la mañana para observar la limpieza in situ después del primer ordeño.

4.3. Materiales

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

- Hisopos de ATP para muestreo de superficies,
- Luminómetro
- Termómetro

- Libreta de apuntes
- Boleta de chequeo
- Bolígrafo
- Computadora personal
- Impresora
- Overol
- Botas de hule
- Cámara de fotografía digital
- Vehículo y cronómetro.

4.4. Manejo del estudio

El estudio se desarrolló en dos etapas:

4.4.1. Primera etapa. Evaluación de la rutina de limpieza de la máquina de ordeño

En el mes de noviembre se visitó y presencié en horario de la mañana la primera limpieza in situ después del ordeño de cada una de las fincas seleccionadas en donde se realizó la caracterización de la rutina de limpieza de la máquina de ordeño.

En este mismo momento, se evaluó con una boleta de chequeo (Anexo) cada uno de los pasos que implica la rutina de limpieza.

4.4.2. Segunda etapa. Evaluación higiénica de pezoneras y recolector de leche mediante la técnica de bioluminiscencia

La evaluación higiénica de pezoneras y recolector de leche se llevó a cabo a finales del mes de noviembre y principios de diciembre después de la limpieza in situ del ordeño de la mañana, en donde se procedió de la siguiente manera:

- Se utilizaron 32 hisopos de ATP, ya que se evaluaron 16 pezoneras y 16 recolectores de leche en el presente estudio.
- Se retiró el hisopo de la bolsa de aluminio, luego se destapó el hisopo y se hizo el hisopado o frote en la parte de adentro de la pezonera, el mismo procedimiento se realizó en la parte de adentro del recolector de leche.
- El hisopo se arrastró por el área en una dirección y se repitió en la dirección opuesta mientras se fue girando el mismo.
- Durante la toma de la muestra se aplicó un poco de presión hacia abajo doblando ligeramente el hisopo para asegurar un buen contacto con la superficie de la pezonera y del recolector de leche, tomándose así una muestra representativa.
- Se cerró de nuevo el hisopo con su respectivo tapón y se colocó en posición vertical, luego se procedió a activar el hisopo apretándose firmemente el mango del hisopo hacia abajo desde la parte superior del hisopo. El mango se deslizó hasta que llegó al nivel de la parte superior del tubo.
- Al haberse activado el hisopo se mezcló el reactivo (luciferina) con el ATP recolectado en la pezonera y el recolector de leche, y sujetando la parte superior del dispositivo, entre el dedo pulgar y el índice, se agitó rápidamente de lado a lado durante por lo menos cinco segundos para garantizar una adecuada mezcla del reactivo con el ATP recolectado.
- Inmediatamente después se introdujo el hisopo al dispositivo denominado luminómetro y éste midió la luz emitida por la reacción entre la luciferina y el ATP recolectado en el hisopo, y el resultado apareció en la pantalla expresado en Unidades Relativas de Luz (URL).

El luminómetro determinó 3 rangos:

- **PASA:** la superficie hisopada se consideró con un mínimo grado de contaminación cuando la lectura fue de 0 a 2.5 URL. (Biocontrol, 2,000)
- **ALERTA:** la superficie hisopada se consideró con un grado intermedio de contaminación cuando la lectura fue de 2.6 a 3 URL. (Biocontrol, 2,000)
- **FALLA:** la superficie hisopada se consideró contaminada o deficiente en su limpieza cuando la lectura fue de 3.1 URL en adelante. (Biocontrol, 2,000)

El análisis y comparación de los resultados de las evaluaciones de la rutina de limpieza de la máquina de ordeño e higiene de pezoneras y recolector de leche, sirvieron como herramientas indispensables en el presente estudio para la elaboración de conclusiones y recomendaciones a implementar en las lecherías en las que se encontró contaminación en su equipo de ordeño y, por ende, una falla en su sistema de limpieza.

4.4.3. Estimadores estadísticos

Los estimadores estadísticos utilizados en el presente estudio fueron:

- **Estimación de proporciones:** es el procedimiento que se utiliza para establecer una proporción de una muestra aleatoria.
- **Coeficiente de variación:** es el promedio de variabilidad de un conjunto de datos.
- **Porcentaje de ocurrencia:** como su nombre lo indica, es el porcentaje de ocurrencia de algún evento sometido a evaluación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Primera etapa. Caracterización de la rutina de limpieza de la máquina de ordeño

Cuadro 1: Control de actividades de limpieza de la máquina de ordeño

ACTIVIDADES	SI (%)	NO (%)
1. Realiza limpieza in situ después de cada ordeño.	100	-
2. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar cualquier residuo de leche.	100	-
3. Aplica detergente alcalino utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar grasa.	100	-
4. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente alcalino.	100	-
5. Utiliza detergente ácido aplicando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar minerales o "piedra de leche".	100	-
6. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente ácido.	100	-
7. Al finalizar la limpieza in situ, se queda el sistema con una solución de agua y cloro.	25	75
8. Utiliza detergente espumoso para la limpieza del equipo por afuera.	100	-
9. Utiliza utensilios para la limpieza del equipo.	100	-
10. Desarma el equipo para una limpieza manual por adentro con utensilios.	25	75
11. Lleva registros de laboratorio de la calidad del agua con que se realiza la limpieza in situ.	43.75	56.25

Se observa en el cuadro 1 que los productores llevan a cabo ocho de las actividades de limpieza en un 100%, mientras que la actividad siete, un 25% de los productores dejan en el sistema una solución de agua y cloro para la desinfección de su equipo, y el 75% restante no lo hace; con los mismos porcentajes se encuentra la actividad diez, en donde un 25% de los productores desarman el equipo para una limpieza manual por adentro. Por último, la actividad 11 muestra que el 43.75% de

productores tiene registros de laboratorio de calidad del agua con que se realiza la limpieza in situ, mientras que el 56.25% restante no los tiene.

COGUANOR (1993), establece que la utilización de cloro puede ser efectivo como un agente desinfectante. También recomienda que los componentes de un equipo se deben desmantelar periódicamente para limpiarse apropiadamente, en caso contrario, trazas de suciedad y microorganismos pueden penetrar y acumularse en sitios tales como juntas, asientos de válvulas, extremos cerrados y empaques. Por último, recomienda que en todo el proceso de limpieza debe emplearse agua potable en los casos en que se utilicen detergentes alcalinos, con el objeto de lograr un ahorro de detergente, su eficiencia y prevenir la formación de incrustaciones.

Los resultados expresados en porcentajes del cuadro anterior, coinciden con las recomendaciones de COGUANOR (1993) para las actividades de limpieza de la máquina de ordeño, aunque se aprecia que no todos los productores realizan al 100% las actividades también recomendadas por De Laval (2008), ya que en la actividad 7, el 75% de productores no utilizan una solución de agua y cloro para desinfectar el sistema; esto se debe a que les representa un gasto extra la compra de cloro para utilizarlo diariamente. En la actividad 10, el 75% de los productores no desarma el equipo para una limpieza manual por dentro con utensilios, ya que el tiempo para el desarmado toma aproximadamente cinco horas. Por último, en la actividad 11, el 56.25% de productores no lleva registros de laboratorio de la calidad del agua con que se realiza la limpieza in situ, ya que no están informados de la importancia que esto implica.

Cuadro 2: Control de la duración de lavado de la máquina de ordeño

ACTIVIDADES	DURACIÓN ESTANDÁR DE LAVAL (MINUTOS)	DURACIÓN OBTENIDA (MINUTOS)
1. Realiza limpieza in situ después de cada ordeño.	60	60
2. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar cualquier residuo de leche.	10	10
3. Aplica detergente alcalino utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar grasa.	12	12
4. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente alcalino.	5	5
5. Utiliza detergente ácido utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar minerales o "piedra de leche".	10	10
6. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente ácido.	5	5

En el cuadro 2, se observa la duración en minutos de las diferentes actividades de limpieza de la máquina de ordeño de las 16 fincas evaluadas.

Se aprecia que los tiempos para cada actividad del proceso de lavado de la máquina de ordeño del cuadro anterior son los adecuados recomendados por De Laval (2008). Asimismo, se puede apreciar que toda la duración del proceso de limpieza in situ se está realizando adecuadamente bajo los estándares establecidos por COGUANOR (1993), los cuales especifican que se deben realizar bajo las temperaturas recomendadas anteriormente.

Cuadro 3: Control de la frecuencia de lavado, uso de detergentes y agua de la máquina de ordeño

ACTIVIDADES	DIARIAMENTE (%)	UNA VEZ POR SEMANA (%)	DOS VECES POR SEMANA (%)
1. Realiza limpieza in situ después de cada ordeño.	100	-	-
2. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar cualquier residuo de leche.	100	-	-
3. Aplica detergente alcalino utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar grasa.	100	-	-
4. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente alcalino.	100	-	-
5. Utiliza detergente ácido utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar minerales o "piedra de leche".	-	56.25	43.75
6. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente ácido.	-	56.25	43.75

En el cuadro 3, se observa la frecuencia en porcentajes de las actividades de limpieza de la máquina de ordeño de las 16 fincas evaluadas; se puede apreciar que en la actividad 1, el 100% de los productores realizan la limpieza in situ después de cada ordeño diariamente; en la actividad 2, el 100% de los productores realizan un enjuague para eliminar cualquier residuo de leche; en la actividad 3, el 100% de los productores aplican detergente alcalino diariamente; en la actividad 4, el 100% de los productores realiza un enjuague para eliminar residuos de detergente alcalino; en la actividad 5, 56.25% de los productores utilizan detergente ácido una vez por semana y el 43.75% restante lo utiliza dos veces por semana, esto se debe a que les representa un gasto mayor de producto al utilizarlo diariamente. Con los mismos porcentajes encontramos la actividad 6, en donde el 56.25% de los productores realiza un enjuague para eliminar residuos del detergente ácido y el 43.75% restante lo hace dos veces por semana, esto se debe a que el enjuague se realiza después de cada aplicación de detergente ácido. Estos resultados coinciden con los pasos de

limpieza recomendados por De Laval (2008), aunque se puede apreciar en ese mismo cuadro que no todos los productores aplican el detergente ácido diariamente.

Cuadro 4: Control de la frecuencia de desarmado para limpieza de la máquina de ordeño

ACTIVIDAD	UNA VEZ POR SEMANA (%)	DOS VECES POR SEMANA (%)
10. Desarma el equipo para una limpieza manual por adentro con utensilios.	62.5	37.5

En el cuadro 4 se observa la frecuencia de los subporcentajes correspondientes a los porcentajes del cuadro 1 de la actividad 10, en donde se determina que un 62.5% de los productores desarma el equipo una vez por semana para una limpieza manual, y el 37.5% de los productores lo realiza dos veces por semana.

COGUANOR (1993), recomienda que los componentes de un equipo deben desarmarse periódicamente para limpiarse apropiadamente, en caso contrario, trazas de suciedad y microorganismos pueden penetrar y acumularse en sitios tales como juntas, asientos de válvulas, extremos cerrados y empaques. Asimismo, De Laval (2008), recomienda desarmar dos veces por semana la máquina de ordeño para su limpieza utilizando utensilios. Los resultados encontrados en el presente estudio coinciden parcialmente con lo recomendado anteriormente, aunque no todos los productores realizan dos veces por semana esta actividad, ya que el tiempo requerido para desarmar el equipo toma aproximadamente cinco horas y esto representa una alta inversión de tiempo ignorando el beneficio que esta actividad les podría representar.

Cuadro 5: Control de la temperatura del agua con la que se realizan las actividades de limpieza de la máquina de ordeño

ACTIVIDADES	INTERVALOS DE CONFIANZA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO	
	MÁXIMO (°C)	MÍNIMO (°C)
2. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar cualquier residuo de leche.	22.14	19.98
3. Aplica detergente alcalino utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar grasa.	66.82	64.04
4. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente alcalino.	21.4	19.95
5. Utiliza detergente ácido utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar minerales o "piedra de leche".	66.93	64.43
6. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente ácido.	23	22.61

Para todas las actividades descritas en el cuadro 5, se puede inferir con un 95% de confianza que las temperaturas del agua con las que todas las granjas asociadas a COOPROLECHE, R.L llevan a cabo las actividades de limpieza in situ de la máquina de ordeño, fluctúan dentro de los límites establecidos por De Laval (2008). Asimismo, COGUANOR (1993), establece que la eficiencia de los procesos que envuelven la aplicación de agua caliente depende de la temperatura alcanzada. En el cuadro 5, actividades 3 y 5, se puede apreciar que los productores alcanzan la temperatura adecuada para el proceso de limpieza de la máquina de ordeño, ya que dichas temperaturas oscilan entre los 60°C a 70°C que es lo recomendado.

5.2. Segunda etapa. Evaluación higiénica de pezoneras y recolector de leche mediante la técnica de bioluminiscencia por ATP

Cuadro 6: Datos obtenidos con el luminómetro para el muestreo de pezoneras

RANGOS	LECTURA ESTÁNDAR (URL)	PROMEDIO DE LA LECTURA OBTENIDA (URL)	PROPORCIÓN (%)
PASA	≤ 2.5	1.8	37.5
ALERTA	2.6 – 3	2.8	25
FALLA	≥ 3.1	3.72	37.5

En el cuadro 6 se observan los rangos en porcentajes de las lecturas tomadas con el luminómetro para pezoneras de las 16 fincas evaluadas; se observa que para el rango PASA, el promedio fue de 1.8 URL, esto quiere decir que el 37.5% de las fincas pasaron la evaluación higiénica; para el rango ALERTA, el promedio fue de 2.8 URL, esto representa al 25% de las fincas, y para el rango FALLA, el promedio fue de 3.72 URL, indicando que el 37.5% de las fincas fallaron la evaluación higiénica. Estas lecturas se deben en parte a que la utilización del detergente ácido no se realiza diariamente como es aconsejable utilizarlo, causando que exista una ineficiente limpieza en pezoneras.

Cuattrin, (*et al*, 2001) evaluaron el estado higiénico de la máquina de ordeño de fincas lecheras en Argentina, con el objetivo de la aplicación de la técnica de bioluminiscencia por ATP obteniendo PASA para pezoneras con un promedio de 1.8 URL. Estos resultados son similares a los encontrados en el presente estudio.

Cuadro 7: Datos obtenidos con el luminómetro para el muestreo del recolector de leche

RANGOS	LECTURA ESTÁNDAR (URL)	PROMEDIO DE LA LECTURA OBTENIDA (URL)	PROPORCIÓN (%)
PASA	≤ 2.5	2.4	6.25
ALERTA	2.6 – 3	2.6	18.75
FALLA	≥ 3.1	4.2	75.00

En el cuadro 7 se observa en porcentajes los rangos de las lecturas tomadas con el luminómetro correspondiente al recolector de leche de las 16 fincas evaluadas; se observó que para el rango PASA el promedio fue de 2.4 URL, esto quiere decir que el 6.25% de las fincas pasaron la evaluación higiénica; para el rango ALERTA el promedio fue de 2.6 URL, esto indica que el 18.75% de las fincas reportaron un alerta en la evaluación higiénica. Cuatrin, (*et al*, 2000) evaluaron el estado higiénico de la máquina de ordeño de fincas lecheras en Argentina, con el objetivo de la aplicación de la técnica de bioluminiscencia por ATP obteniendo ALERTA para recolector de leche con un promedio de 2.5 URL. Estos resultados son similares a los encontrados en el presente estudio, para el rango FALLA el promedio fue de 4.2 URL, indicando que el 75% de las fincas fallaron la evaluación higiénica. Esto se debe en parte a que el 75% de los productores no desarmen el equipo dos veces por semana para una limpieza manual por adentro con utensilios.

VI. CONCLUSIONES

En las condiciones en que se realizó el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

Para la caracterización de la rutina de limpieza de la máquina de ordeño:

1. El 100% de los productores de las fincas evaluadas realizan diariamente la limpieza in situ de la máquina de ordeño después de cada ordeño.
2. El 75% de los productores de las fincas evaluadas no utilizan una solución de agua y cloro como desinfectante dejándolo dentro del sistema de ordeño después de la limpieza in situ.
3. El 75% de los productores no desarma el equipo para una limpieza manual por adentro con utensilios.
4. El 56.25% de los productores no tiene registros de laboratorio de la calidad del agua con que se realiza la limpieza in situ.
5. El 56.25% de los productores aplican el detergente ácido una vez por semana, mientras que el 43.75% lo utilizan dos veces por semana.
6. El 56.25% de los productores enjuagan con agua fresca para eliminar residuos de detergente ácido una vez por semana, mientras que el 43.75% lo hace dos veces por semana.
7. Del 25% de los productores que si desarman el equipo para una limpieza manual por adentro con utensilios, el 62.5% lo hace una vez por semana, mientras que el 37.5% restante lo hace dos veces por semana.

Para la evaluación higiénica de pezoneras y recolector de leche mediante la técnica de bioluminiscencia por ATP:

8. El 37.5% de las fincas evaluadas pasaron satisfactoriamente la evaluación higiénica de pezoneras, el 25% de las fincas evaluadas tuvieron alerta y el 37.5% de las fincas evaluadas fallaron la evaluación.
9. El 6.25% de las fincas evaluadas pasaron satisfactoriamente la evaluación higiénica del recolector de leche, el 18.75% de las fincas evaluadas tuvieron alerta y el 75% de las fincas evaluadas fallaron la evaluación.
10. Los productores que utilizan detergente ácido diariamente en la limpieza in situ de la máquina de ordeño pasaron la evaluación higiénica para pezoneras y recolector de leche.
11. Los productores que llevan registros de laboratorio de calidad del agua con que se realiza la limpieza in situ, pasaron la evaluación higiénica.
12. Los productores que desarmen dos veces por semana el sistema de ordeño para una limpieza por adentro pasaron la evaluación higiénica para pezoneras y recolector de leche.
13. Los productores que al finalizar la limpieza in situ dejan en el sistema una solución de agua y cloro entre ordeños pasaron satisfactoriamente la evaluación higiénica.

VII. RECOMENDACIONES

En las condiciones en que se realizó el presente estudio, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar detergente ácido diariamente en la limpieza in situ después de cada ordeño para la eliminación de minerales de leche acumulados en el equipo, ya que éste es un método eficiente para la eliminación de la “piedra de leche”.
2. Desinfectar la máquina de ordeño dejando en su interior una solución a base de agua y cloro al finalizar la limpieza in situ y entre ordeños.
3. Desarmar dos veces por semana la máquina de ordeño y sus componentes para su limpieza manual con detergente espumoso.
4. Realizar análisis de agua con la que se elabora la limpieza in situ cada tres meses o a cada cambio de estación para garantizar la calidad del agua.
5. Adoptar la técnica de bioluminiscencia por ATP para evaluar la limpieza de otras partes vitales del equipo de la máquina de ordeño ya que proporciona resultados rápidos, exactos y precisos en el campo.
6. Realizar un estudio para determinar la relación existente entre Unidades Relativas de Luz (URL) y Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

VIII. RESUMEN

El presente trabajo se realizó con dieciséis fincas asociadas a la Cooperativa de Productores de Leche COOPROLECHE, RL, ubicadas en todo el territorio guatemalteco, con el fin de caracterizar las actividades rutinarias de limpieza in situ de la máquina de ordeño y realizar una evaluación higiénica de pezoneras y recolector de leche de la unidad de ordeño por medio de la técnica de bioluminiscencia por ATP, determinando la presencia de contaminación expresada en Unidades Relativas de Luz (URL). Esto es muy importante porque se debe garantizar que la leche producida en Guatemala cumpla con las normas establecidas para el consumo humano.

Los resultados del estudio demostraron lo siguiente: el 100% de los productores realizan la limpieza in situ de la máquina de ordeño después de cada ordeño, sin embargo, la mayoría no sigue las recomendaciones del fabricante ya que el 75% no desarma el equipo para una limpieza manual por adentro con utensilios, el 56.25% no tiene registros de la calidad del agua con la que se realiza la limpieza de la máquina de ordeño, ninguno de los productores aplica detergente ácido diariamente para la remoción de minerales incrustados en tuberías. Debido a lo anterior el 37.5% de las fincas donde se evaluó pezoneras con la técnica de bioluminiscencia por ATP tuvieron un FALLO en su higiene, un 25% reportaron ALERTA, y un 37.5% reportaron PASA. En cuanto a recolectores de leche de la máquina de ordeño se refiere, un 75% de las fincas evaluadas con dicha técnica fallaron la evaluación, un 18.75% reportaron ALERTA, y el 6.25% reportaron PASA. Asimismo, los productores que desarman el equipo dos veces por semana para una limpieza manual por adentro con utensilios, monitorean la calidad del agua con la que realizan la limpieza de la máquina de ordeño, dejan dentro del sistema una solución de agua y cloro después de la limpieza in situ y entre ordeños, y aplican detergente ácido por lo menos dos veces por semana para remover minerales de leche incrustados en tuberías, se encuentran dentro del porcentaje de fincas que pasaron satisfactoriamente la evaluación higiénica para pezoneras y recolector de leche mediante la técnica de bioluminiscencia por ATP.

SUMMARY

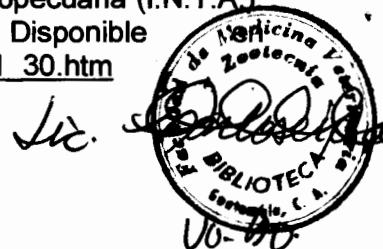
This study was conducted with the collaboration of 16 milking facilities associated to the Milk Producers Cooperative of Guatemala (COOPROLECHE, R.L.), located across the country, with the purpose of characterize the process of the cleaning in place activities of the milking machine on a daily bases, and evaluate the hygiene of the teat-cups and claw of the milking machine by the bioluminescence with ATP technique, establishing the presence of contamination expressed in Relative Light Units (RLU). This is very important because it has to be guaranteed that the milk produced in our country is innocuous to the human consume.

The survey results showed that: 100% of the milk producers do realize the cleaning in place process of the milking machine after each milking, however, most of them don't follow the recommendations of the manufacturer because 75% of them don't disarm the equipment for a manual inside cleaning with utensils, 56.25% don't keep record of the quality of the water that is used for the cleaning process of the milking machine, none of the milk producers apply acid detergent on a daily bases for the removal of milk minerals incrustated in the pipes. Because of the previously said, 37.5% of the milking facilities that evaluated the hygiene of teat-cups by the bioluminescence with ATP technique FAILED the evaluation, 25% reported ALERT, and 37.5% PASSED the evaluation. Referring to claws of the milking machine, 75% of milking facilities FAILED, 18.75% reported ALERT, and 6.25% PASSED the evaluation.

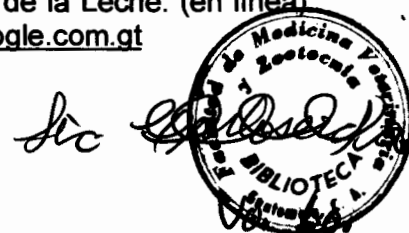
Likewise, the producers that disarm the equipment twice a week for a deep manual cleaning with utensils, check from time to time the quality of the water that is used for the cleaning process of the milking machine, leave inside the pipes a solution of water and chlorine after the cleaning in place and between milking, and apply acid detergent at least twice a week for the removal of milk minerals incrustated in pipes, are within the percentage of milking facilities that passed satisfactorily the hygiene evaluation for teat-cups and claw by the bioluminescence with ATP technique.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Advanced Instruments de México. 2006. Sistema de Bioluminiscencia. (en línea). Consultado 13 mar. 2008. Disponible en <http://www.advmex.com>
- Alais, Ch. 1984. Ciencia de la Leche. México DF. Mc. Graw Hill. 180 p.
- Amiot, J. 1991. Ciencia y Tecnología de la Leche. Principios y Aplicaciones. (en línea). Zaragoza, España. Editorial Acribia. Consultado 04 nov. 2007. Disponible en <http://www.academicos.cuafos.udg.mx/DiplomadoCalidadLeche/doctos/26mar04/Microbiologia%20de%20la%20Leche%20cruda.txt>
- Ávila Téllez, S; Gutiérrez Chávez, A. 2006. Ordeño Mecánico. (en línea). México. UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Consultado 04 nov. 2007. Disponible en <http://www.fmvz.unam.mx/bibliwir/BvS1Lb/BvS1Pdf/Avila/cap5.pdf>
- Beerens, L. 1990. "Guía práctica de análisis microbiológicos de leche y productos lácteos". (en línea). Zaragoza, España. Editorial Acribia. Consultado 04 nov. 2007. Disponible en <http://www.uva.es/consultas/guia.php>
- Biocontrol. 2000. Manual del Luminómetro. Estados Unidos de Norteamérica. 44 p.
- Board, RG. 1998. Introducción a la Microbiología Moderna de los Alimentos. (en línea). Zaragoza, España. Editorial Acribia, S. A. Consultado 04 nov. 2007. Disponible en http://www.ucm.es/info/nutricio/cyta/seguridad_alimentaria.pdf
- Burgos, C. et al. 2002. Comparación de los métodos de bioluminiscencia y recuento en placa como control de calidad en producto terminado de bebida de malta y refrescos pasteurizados en una empresa de Bogotá D.C. Revista de la Facultad de Farmacia. Pontificia Universidad Javeriana de Santa Fe de Bogotá. Volumen 43, 2002. Colombia, 2002. (en línea). Consultado 13 mar. 2008. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistafarmacia/vol43/articulo43-7.pdf>
- Casado Cimiano, P; y García Álvarez, JA. 1996. "La calidad de la leche y los factores que influyen en ella". (en línea). Industrias Lácteas Españolas. Consultado 05 nov. 2007. Disponible en http://www.ujaen.es/serv/sga/documentos/programas/200405/eup/eup_it_opt.doc
- COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 1993. Código de prácticas para limpieza y desinfección en la industria de productos lácteos. Leche y productos lácteos. Norma: NGO 34 234. Guatemala. Ministerio de Economía. 92 p.
- Cuatrin, A. et al. 2001. Procedimiento de evaluación de la higiene de la ordeñadora, el equipo de refrigeración y la cisterna de transporte de leche mediante la técnica de bioluminiscencia. (en línea). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (I.N.T.A.) Argentina. Consultado 15 mar. 2009. Disponible en http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2001/a2001_30.htm



- Comeron, E. 2001. Calidad de leche ¿La calidad se paga? (en línea). Infortambo, No. 145, Febrero 2001, Página 74. Consultado 02 mar. 2008. Disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/revistas/inf02011.htm>
- De Laval. Limpieza en Ordeño: Las 12 Reglas de Oro. 2008. (en línea). Consultado 02 mar. 2008. Disponible en <http://www.delaval.es/Dairy Knowledge/12 golden rules.htm>
- Departamento de Microbiología y Genética, Detección de ATP mediante luminiscencia. 2007. (en línea). Luminómetro UNI-LITE®. Laboratorio de Tecnología Educativa. Universidad de Salamanca España. Consultado 22 nov. 2007. Disponible en http://www.virus.usal.es/Web/demo_mr/lumi_UniLite/APPCClumi.html
- Díaz, D; Peña, G; Young, A; Orellana, D, West, MB. s.f. Prácticas de sanidad lechera: programa de adiestramiento. USA. United States Department of Agriculture. 30 p.
- International Commissions on Microbial Specification (ICMSF) for Food of the International Association of Microbiological Society. 2003. Microorganismos de los Alimentos. Vol. I. Segunda Edición. Zaragoza, España. Editorial Acribia. (en línea). Consultado 22 nov. 2007. Disponible en <http://www.icmsf.iit.edu>
- Larrañaga, I; Carballo, J; Rodríguez, M; Fernández, J. 1999. Control e Higiene de los Alimentos. (en línea). Grado Superior. McGraw Hill/Interamericana de España, S. A. Consultado 23 nov. 2007. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/indice-bacterias-leche/indice-bacterias-leche.pdf>
- Magariños, H. 1995. Producción higiénica de leche cruda y sus Procesos Tecnológicos. Universidad Tecnológica Centroamericana, Proyecto Guayape, Proyecto Mejoramiento de Queserías Rurales OEA/GTZ/UNITEC, Programa Calidad y Productividad. (en línea). Consultado 24 nov. 2007. Disponible en <http://www.gobant.gov.co/organismos/sagricultura/documentos.doc>
- Revilla, A. 2000. Tecnología De La Leche. (en línea). 3 ed. revisada, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Consultado 27 nov. 2007. Disponible en <http://www.infoagro.net/shared/docs/a5/qca10.pdf>
- Rivera Vilas, LM. 1995. "Gestión de la calidad agroalimentaria". (en línea). Ediciones Mundiprensa. Consultado 29 feb. 2008. Disponible en <http://www.infoagro.net/shared/docs/a5/qca10.pdf>
- Robinson, R. K. 1999. Microbiología Lactológica. España. 46 p.
- Romero del Castillo, R. 2004. Productos lácteos: Tecnología de la Leche. (en línea). Consultado 01 mar. 2008. Disponible en <http://www.books.google.com.gt>



X. ANEXOS

ANEXO

BOLETA DE CONTROL DE LA RUTINA DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA DE ORDEÑO

NOMBRE DE LA EXPLOTACIÓN _____

NOMBRE DEL ENCARGADO _____

FECHA DE LA EVALUACIÓN _____

ACTIVIDAD	SI	NO	DURACIÓN	FRECUENCIA	TEMP.
1. Realiza limpieza in situ después de cada ordeño.					
2. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar cualquier residuo de leche.					
3. Aplica detergente alcalino utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar grasa.					
4. Realiza un enjuague con agua fresca para eliminar residuos de detergente alcalino.					
5. Utiliza detergente ácido utilizando agua caliente (60°C a 70°C) para eliminar minerales o "piedra de leche".					
6. Realiza un enjuague con agua fría para eliminar residuos de detergente ácido.					
7. Al finalizar la limpieza in situ, se queda el sistema con una solución de agua y cloro.					
8. Utiliza detergente espumoso para la limpieza del equipo por afuera.					
9. Utiliza utensilios para la limpieza del equipo.					
10. Desarma el equipo para una limpieza manual por adentro con utensilios.					
11. Lleva registros de laboratorio de la calidad del agua con que se realiza la limpieza in situ.					
OBSERVACIONES:					


BR. JORGE STUARDO CARRERA KLEE


LIC. ZOOT. CARLOS ENRIQUE SAAVEDRA
ASESOR


LICDA. ZOOT. SILVIA MARÍA ZEA DE ORTIZ
ASESORA


LIC. ZOOT. HUGO SEBASTIÁN PENATE MOGUEL
ASESOR




MED. VET. LEONIDAS ÁVILA PALMA
DECANO

IMPRÍMASE: